...тальной составляющей магнитного поля Земли

Протокол измерений

Студент группы

Преподаватель

Крентунова И. П.

Параметры приборов

Название прибора	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематич. погрешность
Вольтметр	15 В	0,5 В	2,5	0,25 В
Миллиамперметр	200 мА	5 мА	1	2,5 мА
Тангенс-гальванометр	360 град	1 град	—	0,5 град

Результаты измерений

I, мА	α_1	α_2	$\alpha_{ср.}$	$H_г$, А/м
40	15	15	15	
60	30	25	27,5	
100	40	35	37,5	

$\alpha = 5^\circ$

$\alpha' = 5^\circ$, для $\mathcal{E}_0$

$\alpha_{ср} = 5^\circ$

Подпись студента

Подпись преподавателя:

1. Цель работы:

   1.1. Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли, электрической постоянной СИ и скорости распространения электромагнитных волн в вакууме.

2. Описание лабораторной установки:

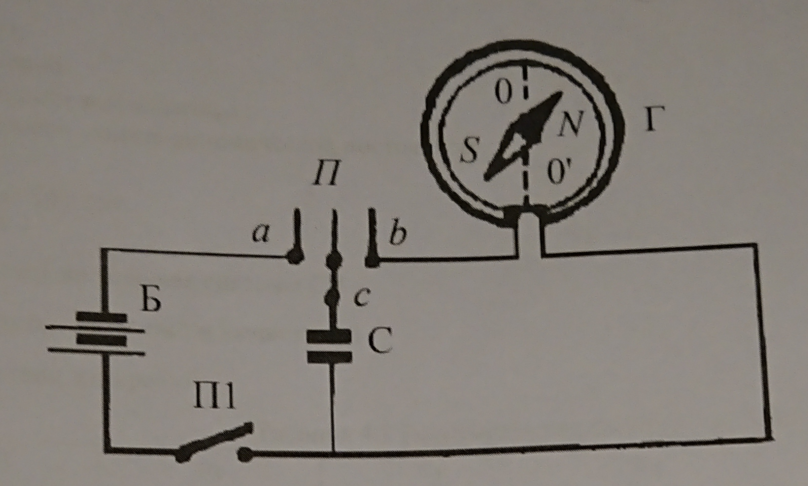


Рисунок 1. Схема установки, где

Б- источник питания;

С-конденсатор;

Г -тангенс-гальванометр;

а и b-переключатели.

Параметры приборов:

Прибор	Цена деления	Класс точности	Предел измерения	Систематическая погрешность
Вольтметр	0.5 В	2.5	15 В	0.25 В
Амперметр	5 мА	1	200 мА	2.5 мА
Тангенс-гальванометр	1°	-	180°	0.5°

R=0.2 м; N=36 витков; ν=50 Гц; U=12 В

3. Рабочие формулы

3.1 Вычисление среднего значения угла отклонения магнитной стрелки

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\alpha_1 + \cdots + \alpha_n}{n} \quad (1)$$

3.2 Вычисление горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля земли

$$H_{\text{г}} = \frac{IN}{2Rtga} \quad (2),\text{ где}$$

I-сила тока;

R-радиус витка;
N- количество витков;
tga- угол отклонения стрелки

3.3 Вычисление электрической постоянной

$$\varepsilon_0 = \frac{2RH_г\, k * tga_1}{N\nu U} \quad (3), \text{где}$$

ν – частота;
U- напряжение;
k- коэффициент конденсатора

3.4 Вычисление электродинамической постоянной

$$C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \quad (4), \text{где}$$

μ_0- магнитная постоянная системы СИ

4. Результаты измерений и вычислений

4.1 Результаты измерений

Таблица 4.1 Результаты измерений угла отклонения стрелки

I, мА	a_1	a_2	$a_{ср}$	$H_г$, а/м
40	15	15	15	13,3
60	30	25	27,5	10,4
100	40	35	39.5	11,7

4.2 Результаты вычислений

4.2.1 По формуле (1):

$$a_{ср} = \frac{40° + 35°}{2} = 39{,}5°$$

4.2.2 По формуле (2):

$$H_г = \frac{0{,}04 * 36}{2 * 0{,}2 * 0{,}27} = \frac{1{,}44}{0{,}108} = 13{,}3 \left(\frac{А}{м}\right)$$

4.2.3 По формуле (3):

$$\varepsilon_0 = \frac{2 * 0{,}2 * 13{,}3 * 4{,}5 * 10^{-7} * 0{,}75}{36 * 50 * 12} = \frac{17{,}955 * 10^{-7}}{2{,}16 * 10^{5}} = 8{,}3 * 10^{-12} \left(\frac{Ф}{м}\right)$$

4.2.4 По формуле (4):

$$C = \frac{1}{\sqrt{4 * 3{,}14 * 10^{-7} * 3 * 10^{-11}}} = \frac{1}{0{,}35 * 10^{-8}} = 2{,}8 * 10^{8} \left(\frac{м}{с}\right)$$

5. Систематическая погрешность:

5.1 Систематическая погрешность амперметра

$\Theta_I = 2{,}5(\text{мА})$

5.2 Систематическая погрешность угла

$\theta_a = \frac{1}{2} = 0.5° = 0.0175$ (рад)

5.3 Систематическая погрешность горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля земли.

$$\Theta_{H_г} = \left|\frac{\partial H_г}{\partial I}\right|\Theta_I + \left|\frac{\partial H}{\partial \alpha}\right|\Theta_\alpha = \left(\frac{N}{2R * tg\alpha}\right)\theta_I + \left(\frac{IN(-tg^2\alpha - 1)}{2R * tg^2\alpha}\right)\theta_\alpha =$$

$$= \left(\frac{36}{2 * 0{,}2 * 0{,}767}\right) * 2 * 10^{-3} + \left(\frac{100 * 10^{-3} * 36 * (0{,}588 - 1)}{2 * 0{,}2 * 0{,}588}\right) * 0{,}0175 =$$

$$= 0{,}235 - 0{,}111 = 0{,}124 \left(\frac{А}{м}\right)$$

5.4 Систематическая погрешность электрической постоянной

$$\theta_{\varepsilon_0} = \left|\frac{\partial \varepsilon_0}{\partial H_г}\right|\theta_{H_г} + \left|\frac{\partial \varepsilon_0}{\partial \alpha}\right|\theta_\alpha = \frac{2Rk * tg\,\alpha}{N\nu U}\theta_{H_г} + \frac{2R(tg\alpha^2 + 1)H_г k}{N\nu U}\theta_\alpha =$$

$$= \frac{2 * 0{,}2 * 4{,}5 * 10^{-7} * 0{,}767 * 0{,}124}{36 * 50 * 12} + \frac{2 * 0{,}2 * (0{,}588 + 1) * 11{,}7 * 4{,}5 * 10^{-7} * 0{,}0175}{36 * 50 * 12} =$$

$$= \frac{(0{,}171 + 0{,}585) * 10^{-7}}{2{,}16 * 10^5} = \frac{0{,}952 * 10^{-7}}{2{,}16 * 10^5} = 0{,}5 * 10^{-12} \left(\frac{Ф}{м}\right)$$

6. Среднеквадратичное отклонение прямых измерений

$$\Delta H_г = \sqrt{\frac{(H_{ср} - H_{г_1})^2 + \left(H_{ср} - H_{г_2}\right)^2 + \left(H_{ср} - H_{г_2}\right)^2}{N(N-1)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(11{,}8 - 13{,}3)^2 + (11{,}8 - 10{,}4)^2 + (11{,}8 - 11{,}7)^2}{6}} = 0{,}84 \left(\frac{А}{м}\right)$$

7. Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы, при помощи тангенс-гальванометра была определена:

- Горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля Земли $H_г = 11{,}8 \pm 0{,}1\ \frac{А}{м}$
- Электродинамическая постоянная $C = 2{,}8 * 10^8 \frac{м}{с}$
- Электрическая постоянная СИ $\varepsilon_0 = (8{,}3 * 10^{-12} \pm 0{,}5 * 10^{-12})\ \frac{Ф}{м}$

Модуль разности экспериментального и теоретического значений не превышает сумму систематических погрешностей:

$\left|\varepsilon_{0_{\text{эксп}}} - \varepsilon_{0_{\text{теор}}}\right| \le \Delta\varepsilon_0$ $\qquad |8{,}3 - 8{,}8| \le 0{,}5$

Следовательно, лабораторная работа выполнена удовлетворительно.



ОТВЕТЫ --->>СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050

Имя

- Индивидуальное задание
- ЛР исследование гистерезиса ферромагнитных материалов
- ЛР определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля зе...
- ЛР определение удельного заряда электрона
- ЛР определение электроемкости конденсатора
- ЛР процессы установления тока при разрядке и зарядке конденсаторов
- Методички
- тест LMS 1
- Экзамен
- Бипризма Френеля 1
- Кольца Ньютона 1
- КОНТАКТЫ
- Литвинова Надежда Николаевна
- ЛР исследование магнитного поля соленоида
- ЛР кольца Ньютона
- ЛР Проверка законов теплового излучения
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 1
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 2
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 3
- Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 4
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...
- Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...

ОТВЕТЫ -->>СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/PgjdK_eMGWoIJQ

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Цель работы: Определить с помощью тангенс-гальванометра горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли, электрическую постоянную системы СИ и скорость распространения электромагнитных волн в вакууме.

Теоретические сведения

Направление линий напряженности магнитного поля можно определить с помощью *магнитного диполя*.

В качестве магнитного диполя может быть *виток с током*. Если виток может свободно поворачиваться вокруг закрепленной вертикальной оси, то в магнитном поле виток установится так, что нормаль к нему укажет направление горизонтальной составляющей вектора напряженности поля. Если отклонить виток в сторону от направления поля, то возникнет момент сил, стремящийся вернуть виток в исходное положение.

Магнитная стрелка также является магнитным диполем. Размещенная на вертикальной оси свободная стрелка устанавливается в положении устойчивого равновесия вдоль горизонтального направления магнитного поля.

Если горизонтально расположенную магнитную стрелку, способную свободно вращаться вокруг вертикальной оси, поместить в центре вертикальной круговой катушки с током (такой прибор называется тангенс-гальванометром), то на стрелку будет действовать магнитное поле Земли и магнитное поле тока.

Вектор горизонтальной составляющей магнитного поля $\mathbf{H}$ в этом случае

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_г + \mathbf{H}_1, \tag{1}$$

где $\mathbf{H}_г$ – вектор горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли, $\mathbf{H}_1$ – вектор напряженности магнитного поля тока.

Пусть плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана, тогда векторы $\mathbf{H}_г$ и $\mathbf{H}_1$ будут взаимно перпендикулярны

в центре катушки, а тангенс угла α, на который отклонится стрелка при включении тока:

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{H_1}{H_г}. \qquad (2)$$

На рис. 1 изображена суперпозиция магнитных полей.

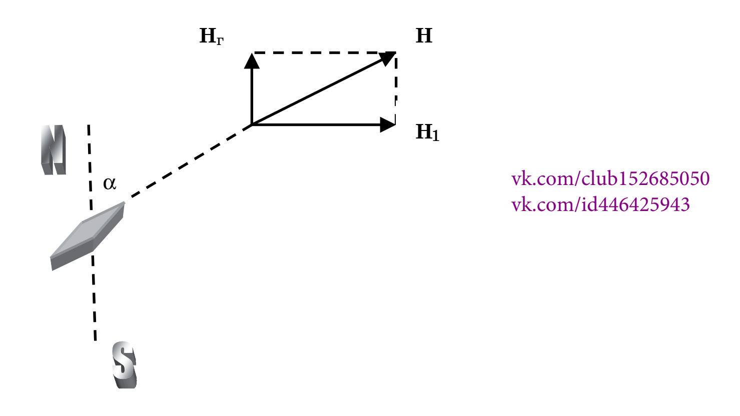


Рис. 1

В центре круговой катушки с током напряженность H_1 магнитного поля определяется по формуле

$$H_1 = \frac{IN}{2R}, \qquad (3)$$

где I – сила тока в круговой катушке; N – число витков в ней; R – радиус каждого витка.

Из (2) и (3) можно определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли

$$H_г = \frac{IN}{2R\mathrm{tg}\alpha}, \qquad (4)$$

а также силу тока в катушке

$$I = \frac{2RH_г\mathrm{tg}\alpha}{N}. \qquad (5)$$

Таким образом, величина тока изменяется пропорционально тангенсу угла отклонения магнитной стрелки, поэтому рассматриваемый прибор и называется тангенс-гальванометром.

Электроемкость конденсатора C пропорциональна диэлектрической проницаемости вещества, заполняющего пространство между обкладками. Поэтому можно записать

$$C = K\varepsilon\varepsilon_0, \quad (6)$$

где ε_0– электрическая постоянная системы СИ; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; K – коэффициент пропорциональности, величина которого зависит от формы и размеров обкладок конденсатора и расстояния между ними.

Электрическую постоянную системы СИ можно определить, пользуясь тангенс-гальванометром. Для этого собирают электрическую схему, включающую источник питания Б, конденсатор С, тангенс-гальванометр Г, электромагнитный переключатель a–b (рис. 2).

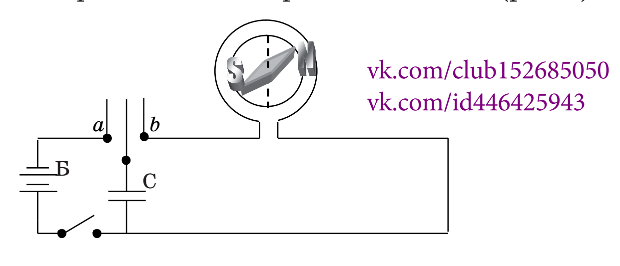


Рис. 2

В положении переключателя a конденсатор заряжается до напряжения U, при этом на пластинах конденсатора скапливается заряд

$$q = CU = K\varepsilon\varepsilon_0 U. \quad (7)$$

В положении переключателя b конденсатор разряжается через тангенс-гальванометр. Сила тока, протекающего через тангенс-гальванометр:

$$I = \nu q = K\nu\varepsilon\varepsilon_0 U, \quad (8)$$

где ν – число переключений в секунду переключателя a–b.

На основании формул (5) и (8) определяется электрическая постоянная системы СИ

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{K} \cdot \frac{2RH_\text{г}\text{tg}\alpha}{N\nu\varepsilon U}. \quad (9)$$

Определив ε_0, найдем электродинамическую постоянную c, численно равную скорости распространения электромагнитных волн в вакууме:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}, \qquad (10)$$

где $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная системы СИ.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема установки для определения горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли приведена на рис. 3. Сила тока I через тангенс-гальванометр устанавливается с помощью реостата R и контролируется миллиамперметром мА. Число витков в катушке тангенс-гальванометра $N = 36$, радиус каждого витка $R = 0{,}2$ м.

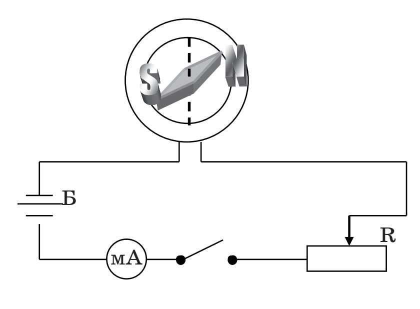


Рис. 3

Для определения электрической постоянной системы СИ собирают схему, изображенную на рис. 2. В качестве переключателя *a-b* используется реле, обмотка которого включается в сеть. При этом частота переключений равна частоте переменного напряжения в сети ($\nu = 50$ Гц). Конденсатор С имеет следующие параметры: относительная диэлектрическая проницаемость воздушного зазора между обкладками $\varepsilon \approx 1$, коэффициент $K' = 1/K = 4{,}5 \cdot 10^{-7}$ 1/м.

Порядок выполнения прямых измерений

Установить тангенс-гальванометр так, чтобы магнитная стрелка была в плоскости кольца.

Задание 1. Схема на рис. 3.

Включить установку.

При помощи реостата R установить ток I, при котором магнитная стрелка отклонится на угол 30–40°. Измерить силу тока I и угол от-

клонения стрелки α. Не меняя величины тока I, изменить его направление и измерить угол отклонения стрелки α'.

Опыт повторить несколько раз при различных значениях тока I.

Результаты измерений записать в табл. 1.

Таблица 1

I, А	α	α'	$\alpha_{ср}$	$\mathbf{H}_г$, А/м

Задание 2. Схема на рис. 2.

Включить установку и реле.

На источнике питания установить напряжение U и измерить его (рекомендуется $U = 12$В). Измерить угол отклонения стрелки α_1. Изменив направление тока, измерить угол отклонения стрелки α_1'.

Обработка результатов измерений

Задание 1.

Вычислить средние значения (по абсолютной величине) $\alpha_{ср}$ угла отклонения магнитной стрелки при различных значениях тока I и занести в табл. 1.

По формуле (4) вычислить горизонтальную составляющую $H_г$ напряженности магнитного поля Земли при различных значениях тока I. Результаты записать в табл. 1 и вычислить среднее значение $H_{гср}$.

Задание 2.

Вычислить среднее значение (по абсолютной величине) $\alpha_{1ср}$ угла отклонения магнитной стрелки.

По формулам (9) и (10) вычислить электрическую постоянную ε_0 и скорость c распространения электромагнитных волн в вакууме (значение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли $H_г$ определено в предыдущем задании).

Оценить погрешности окончательных результатов.

Контрольные вопросы

1. Каково устройство и принцип работы тангенс-гальванометра?

2. Как охарактеризовать магнитное поле, создаваемое круговым током?

3. Дайте определения магнитной индукции и напряженности магнитного поля. В каких единицах измеряются эти величины?

4. Как вывести формулу для вычисления напряженности горизонтальной составляющей магнитного поля Земли?

5. Как получается расчетная формула для определения электрической постоянной системы СИ?